

# 東北電力株式会社新潟火力発電所納 第3号機 250,000kW プラントの計画および補機について

Concerning the Auxiliary Equipment for 250,000 kW No. 3 Unit of the Niigata Thermal Power Station, Tohoku Electric Power Co., Inc.

齋 藤 良 造\* 松 島 彦 二\*  
Ryôzô Saitô Hikoji Matsushima

## 内 容 梗 概

東北電力株式会社新潟火力発電所納3号機 250,000 kW 発電設備は圧力、温度、容量の点でわが国における記録品であり、UPボイラ（貫流ボイラ）ならびにタンデムコンパウンド形タービンを採用するなど、プラントの細部に至るまで多くの新しい技術が導入されている。本文はこれらの点に関し、熱サイクル、機器の配電、復水バイパス脱塩装置、主要プラント機器、給水ポンプなどについてその概要を紹介するものである。

## 1. 緒 言

東北電力株式会社新潟火力発電所第3号機、250,000 kW 発電設備は、タービン、発電機、ボイラをはじめ、その他いっさいの設備を日立製作所が製作しているもので、国産技術によって製作されたタービン発電機をはじめ、その他の機器も日立独自の設計になるもので、この発電所が完成した暁には、わが国大容量火力設備の技術発展の歴史の上に輝かしい記録を残すとともに、東北開発の推進力として、電力需給安定に貢献するものと信ずる。

本プラントの設計上の特長は次のようなものである。

- (1) 国産最初のUPボイラ（強圧通風方式、重油および天然ガスの専焼および混焼）の採用
- (2) 国産技術設計によるタンデムコンパウンド形4車室4流排気タービンの採用
- (3) タービン駆動ボイラ給水ポンプの採用
- (4) UPボイラの簡単な起動バイパス系流
- (5) 復水バイパス脱塩装置の採用

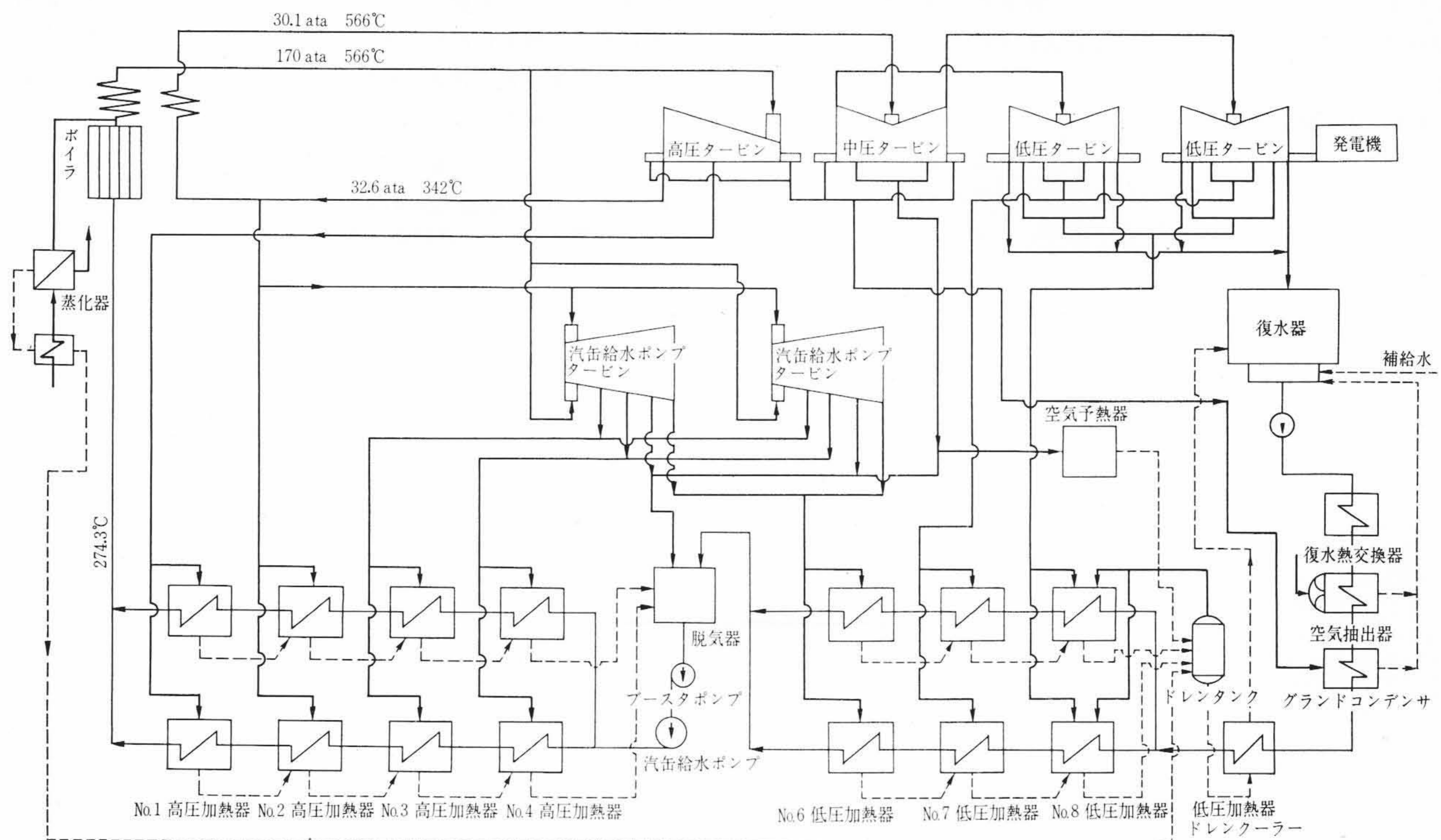
(6) 単流並行配列形大容量復水器

(7) 高圧給水加熱器の加熱管に鋼管の採用

本文は、これらの特長について、熱サイクル、全体配置をふくめその概要を紹介するものである。なおUPボイラの起動バイパス系統は東京電力株式会社五井火力発電所第2号機、265,000 kW と同一方式を採用しており、それについては他の文献<sup>(2)</sup>で詳しく紹介しているので、本文では省略した。

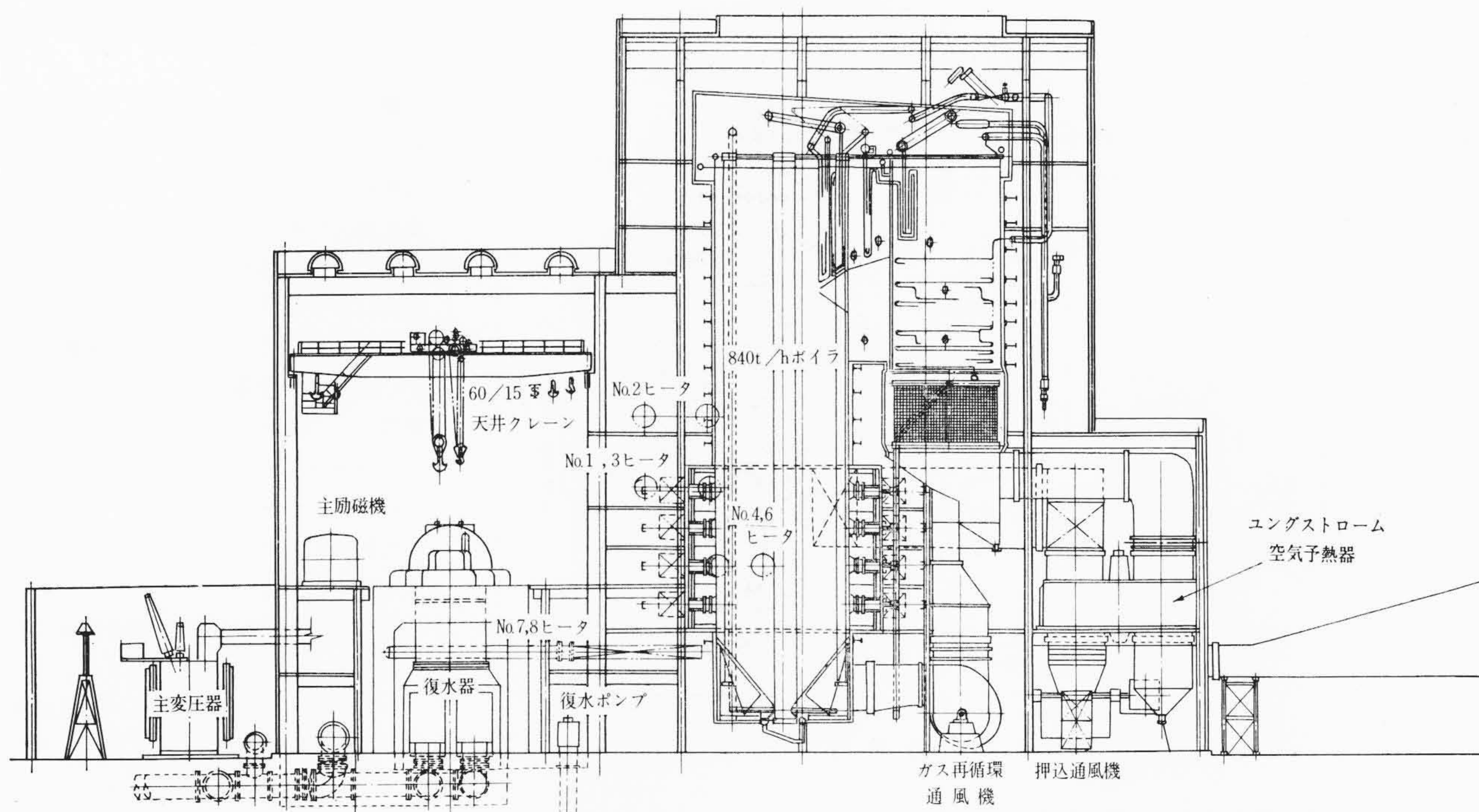
## 2. 熱サイクルの構成

本プラントの計画条件は第1表に示すとおりで、蒸気条件は、わが国における最高の圧力、温度を採用している。第1図は 250,000 kW における熱平衡線図で、図に示すように、ボイラ給水ポンプにはタービン駆動方式を採用することにより、給水の制御を容易にするとともに、給水ポンプ用タービンの抽気を給水加熱に利用することによって熱効率の増大をはかり、かつ送電端出力を増加している。また、ボイラの空気予熱器の加熱蒸気には、中圧タービンの排気を利用し、熱効率を向上せしめている。

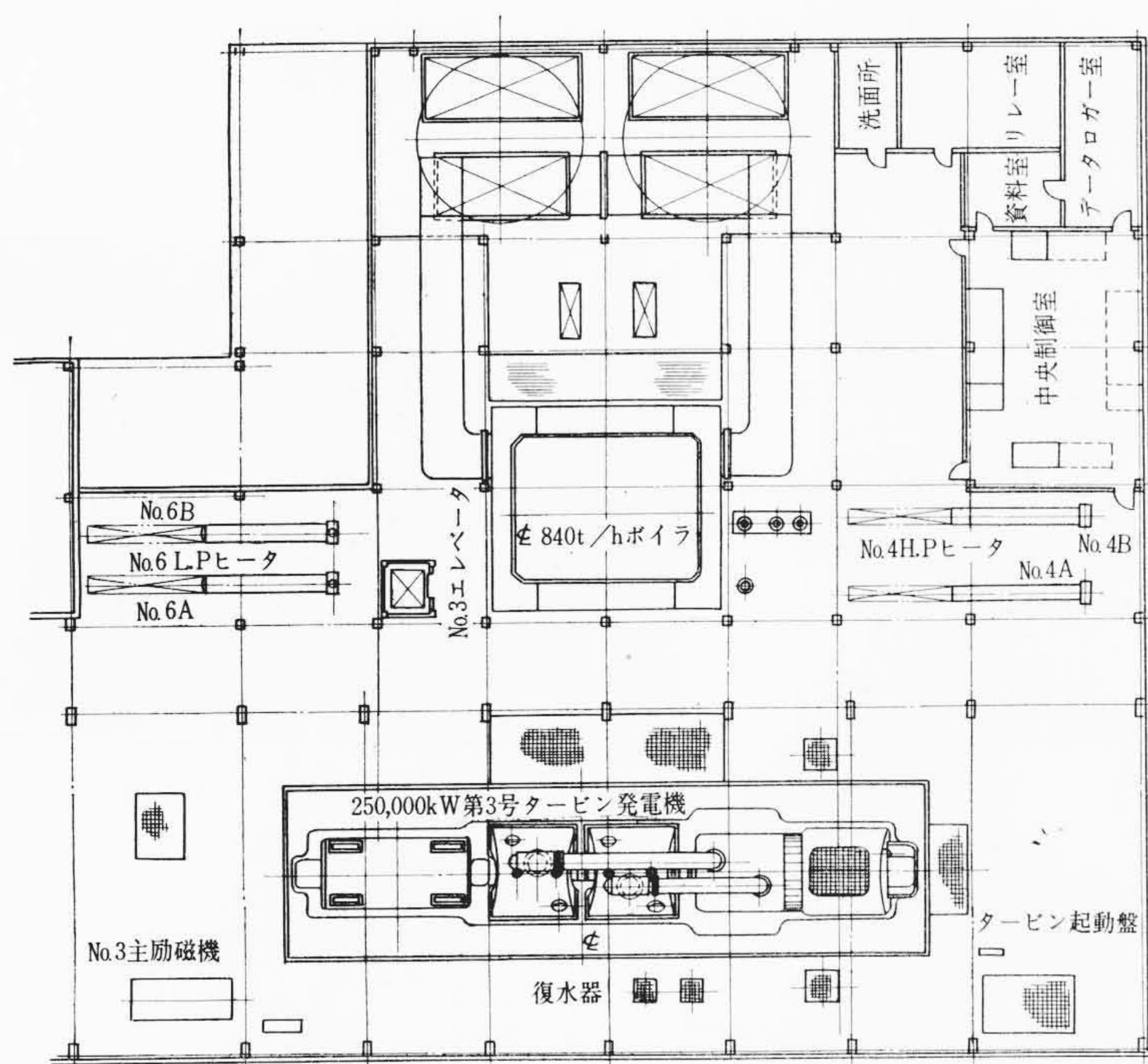


第1図 250,000 kW 熱平衡線図

\* 日立製作所日立工場



第2図 機器配置図 (側面)



第3図 機器配置図 (平面)

第1表 プラント計画要目

|                          | 天然ガス専焼                           | 重油専焼             |
|--------------------------|----------------------------------|------------------|
| 最大定格出力(発電機端) (kW)        | 250,000                          | 250,000          |
| 発電機最大容量 (kVA)            | 320,000                          | 320,000          |
| ボイラ最大蒸発量 (t/h)           | 840                              | 840              |
| 蒸気条件                     | 圧力(主塞止弁前) (kg/cm <sup>2</sup> g) | 169 (2,400 psig) |
|                          | 温度(主塞止弁前) (°C)                   | 566 (1,050°F)    |
|                          | 再熱温度(再熱塞止弁前) (°C)                | 566 (1,050°F)    |
| 真空 (250,000 kW 時) (mmHg) | 728 (水温14°C)                     | 728 (水温14°C)     |
| 真回転数 (rpm)               | 3,000                            | 3,000            |
| 給水加熱器段数                  | 8段                               | 8段               |
| 給水温度 (°C)                | 274.3                            | 273.2            |

高圧給水加熱器, 低圧給水加熱器は, いずれにも2系列を採用している。抽気段数は主タービン5段, 給水ポンプタービン3段, 計

8段で, 最終給水温度は出力 250,000 kW (重油専焼), 復水器真空728 mmHg において 274.3°C である。低圧給水加熱器のドレンは, 独立のドレンクーラを通した後, さらに復水バイパス脱塩装置を通して復水器にもどるサイクルとしている。

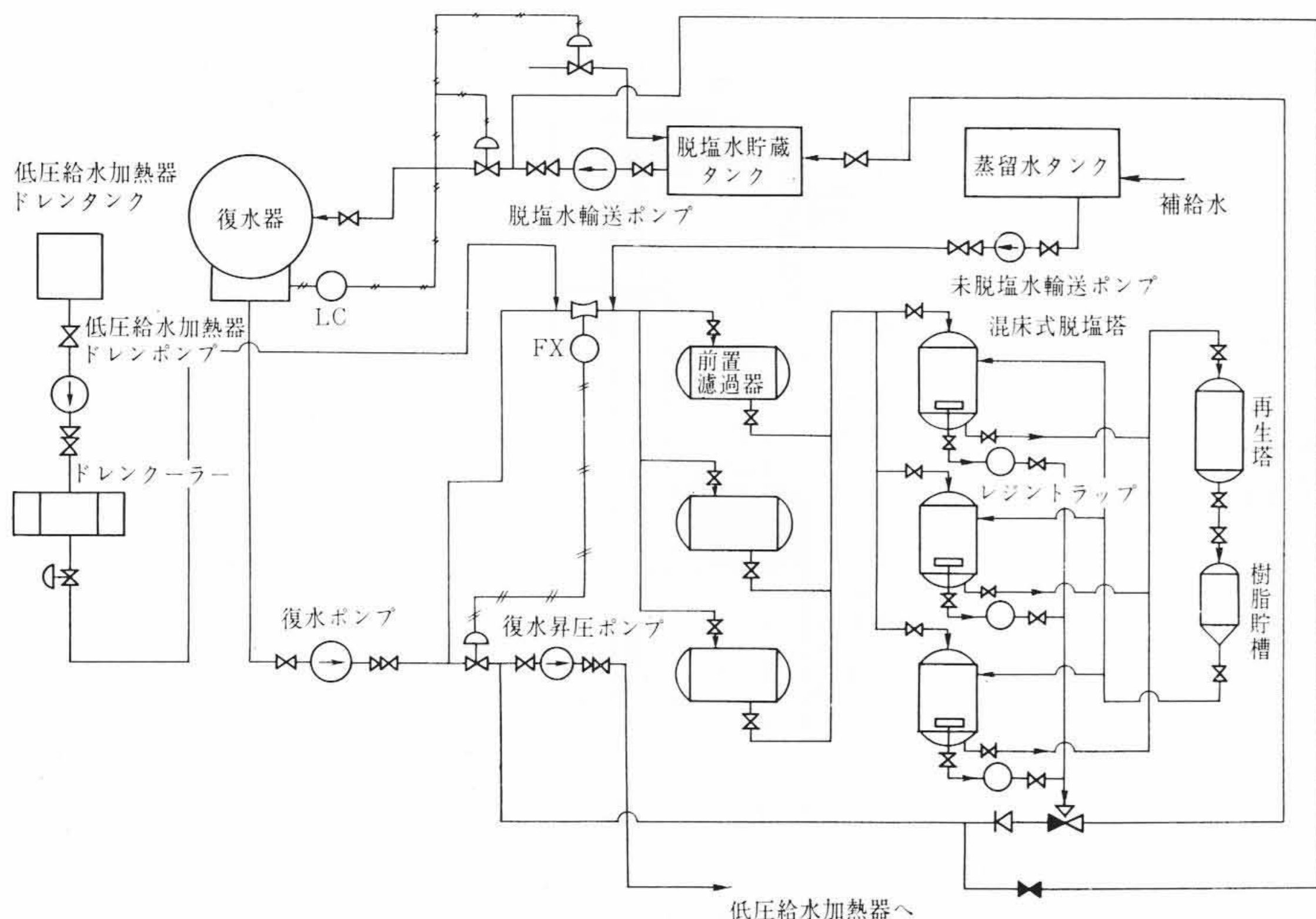
### 3. 機器配置の概要

本プラントは屋内形で, ボイラとタービンの配置形式はいわゆるT形配置である。第2, 3図に発電所機器配置を示す。タービン室スパン, 建屋奥行寸法およびタービン室とボイラ室間のスパンは既設 125,000 kW の建屋と合わせている。復水器は4流排気タービンに合わせ, 単流形としタービン軸と平行配置にして, 排気圧力の平衡をはかった。高低圧給水加熱器は横形とし, ボイラの両側床面に配置したが, 第7, 第8低圧給水加熱器は, 双子形構造として復水器上部に組み入れ, 据付床面積の減少をはかった。ボイラ給水ポンプと同ブースタポンプは, 別置きであるため, 配置上特に困難な制約をうけることがなく, 運転, 取り扱いの便のため中央制御室の下にまとめた。また, ボイラ給水ポンプは2台を同一架台上に並べる配置にした。復水バイパス脱塩装置は2, 3号機建屋間の空間を利用してタンクを配置する関係上, その近傍のタービン室1階床面に設置した。

### 4. 復水バイパス脱塩装置

本プラントの給水の純度はドラム形プラントに比べさらに一段と高純度が要求される。また同時に強制貫流ボイラプラントでは従来のようにドラムを持たないため, 缶水の濃縮が生じた場合, ブローによって缶内の固形物を除くことができないので, 復水系統中に脱塩装置を設けることが不可欠である。脱塩装置は次にのべる目的を持っている。

- (1) 系統全体からの金属腐食生成物の除去
- (2) 補給水およびドレン水の処理精製
- (3) 起動時の系統の清掃



第4図 復水バイパス脱塩装置系統図

第2表 復水バイパス脱塩装置仕様概要

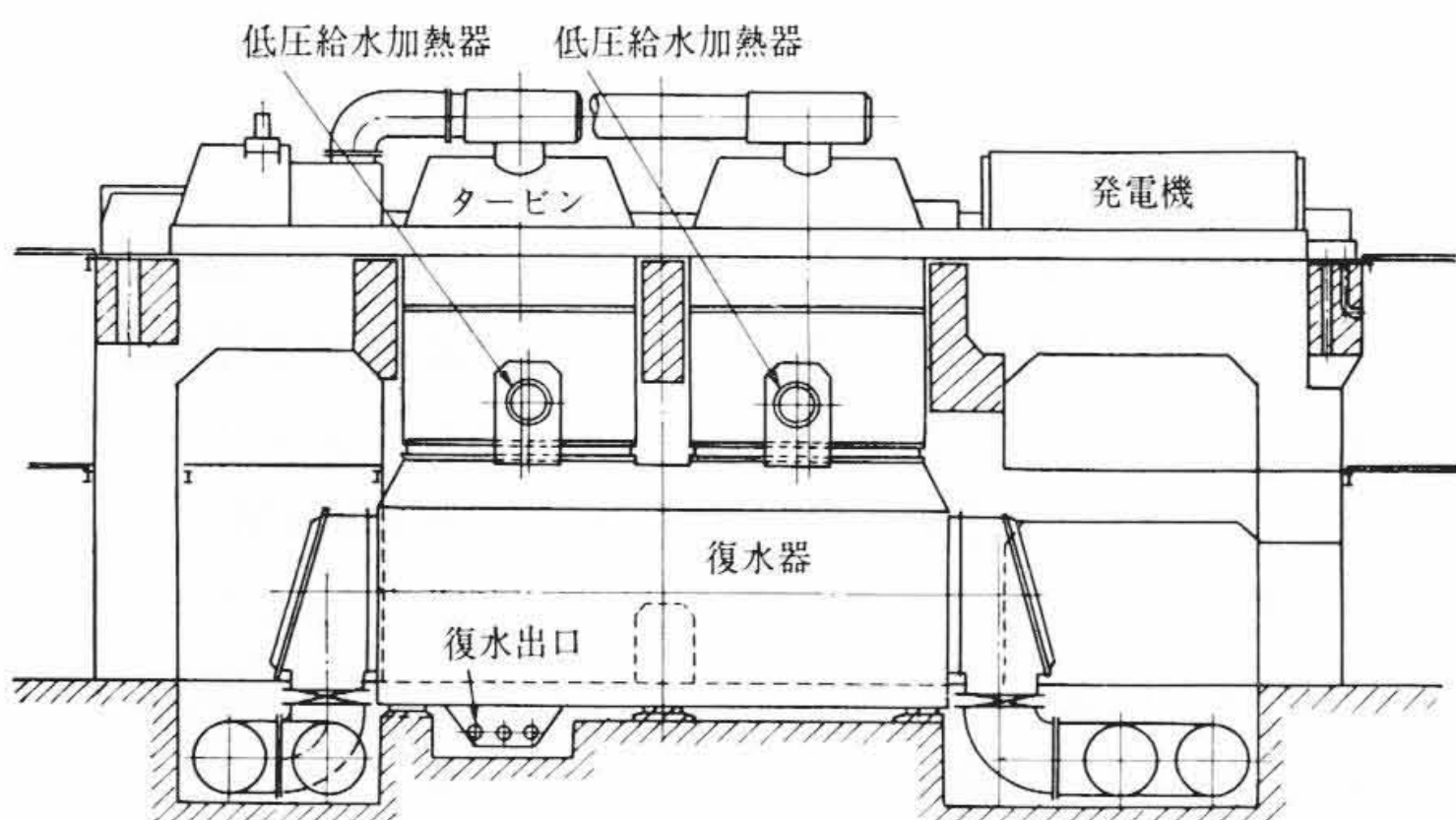
|       |       |          |     |       |          |
|-------|-------|----------|-----|-------|----------|
| 前置ろ過器 | 台数    | 3        | 脱塩塔 | 台数    | 3        |
|       | 形式    | 横置リーフ形   |     | 形式    | 混床式      |
|       | 常用通水量 | 67t/h1台  |     | 再生方式  | 外部       |
|       | 最大通水量 | 200t/h1台 |     | 常用通水量 | 67t/h1台  |
|       |       |          |     | 最大通水量 | 200t/h1台 |

(4) 復水器冷却水漏えい時の復水の  
 応急脱塩

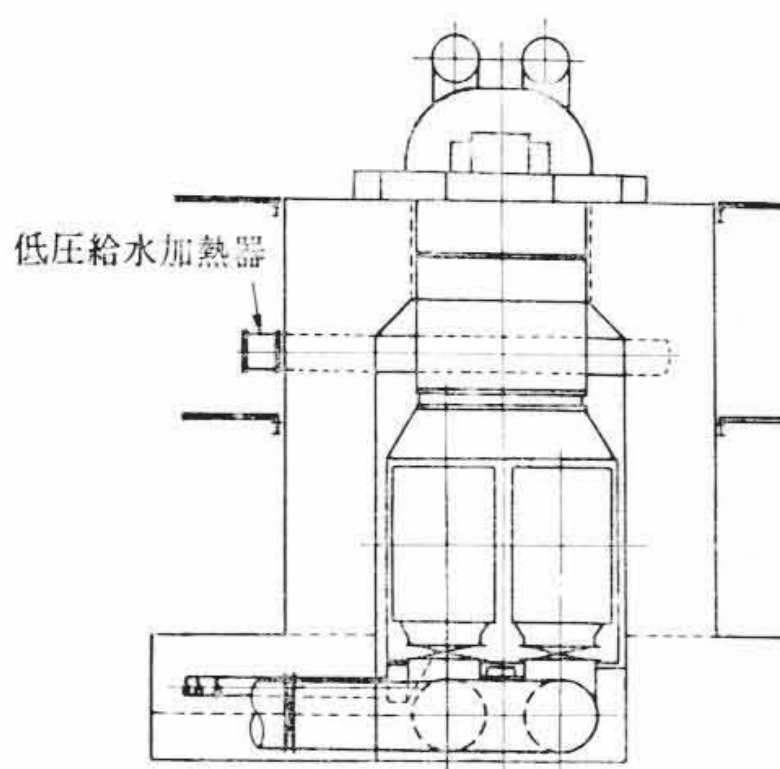
第4図に復水脱塩バイパス装置系統図を示す。この場合系統の使用方法には通常脱塩、バイパス脱塩、全量脱塩および海水漏えい時における危急脱塩などの4通りの使用方法があり、このおのこのの運転は中央操作室より1個のスイッチによって遠隔操作される。脱塩装置には必ずしも復水の全量を通す必要はなく、節炭器入口の純度を監視しながら適宜通水量を加減するが、プラント中で最も汚染されやすい低圧ヒータドレンと復水に比べて純度のあまり高くない補給水は常に復水脱塩装置を通すよう計画してある。

第2表は復水バイパス脱塩装置の概略仕様である。

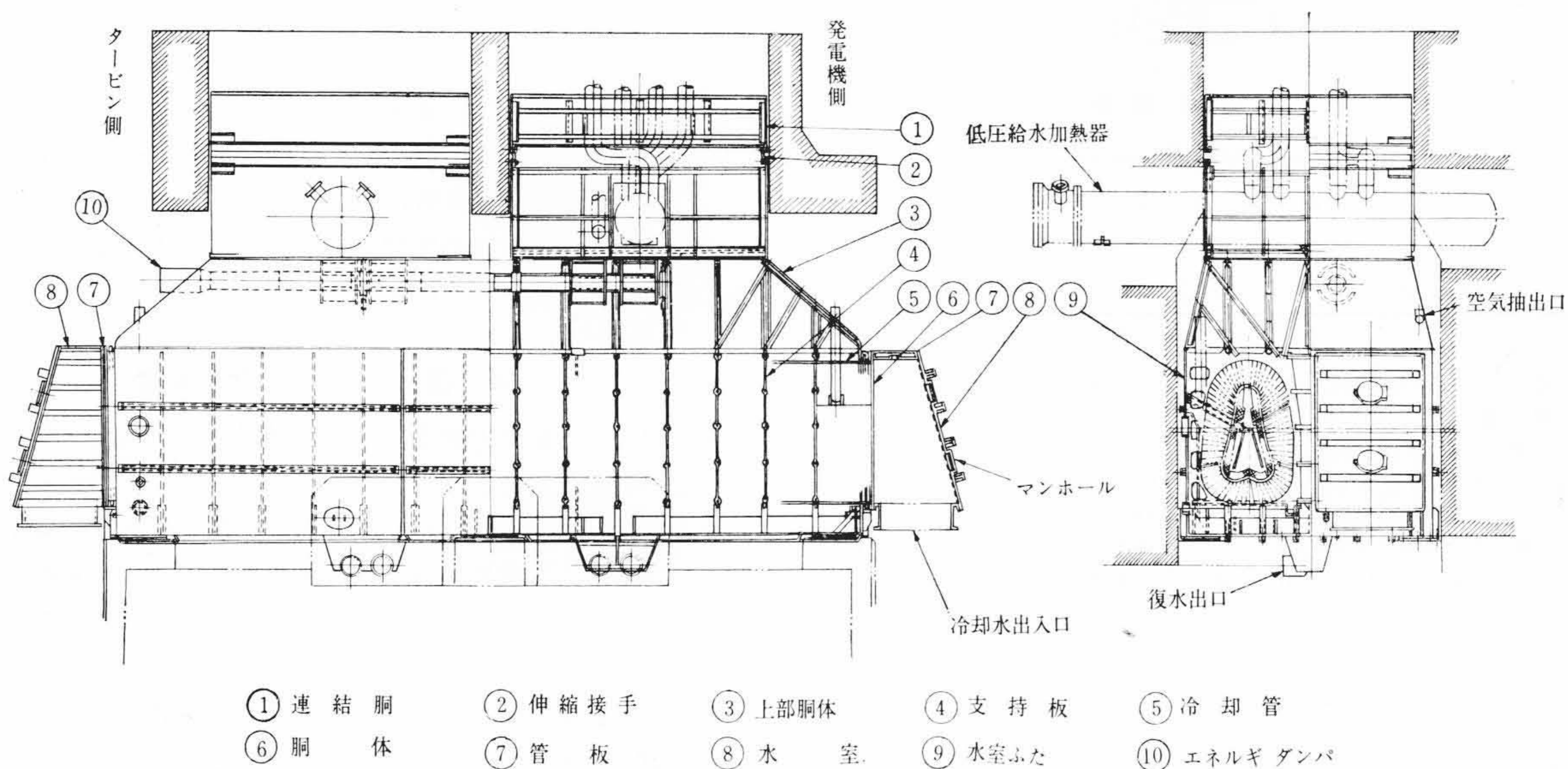
本プラントの復水バイパス脱塩装置はプレフィルタ、樹脂塔およびポストフィルタより成り、運転の便のため3系列に分けられている。プレフィルタは葉状ろ過エレメントにセルローズのろ過助剤をち密に付着させたもので、復水中の固形物を取り除きイオン交換樹脂を保護する。樹脂塔は陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂をもつ混床形で復水中の陽陰両イオンを除去し、ポストフィルタは樹脂自体の漏出を防止するものである。再生方式には復水系



第5図 復水器配置図



第6図 工場製作中の復水器



第7図 復水器組立図

統に薬品の漏入の危険のない外部再生方式を採用した。この方式は従来用いられてきた内部再生方式と比べて次のような利点を有している。

- (1) 再生薬品が主系統にはいる心配がない。
- (2) 樹脂停止期間が短縮される。
- (3) 樹脂塔、再生塔を目的にかなった効率のよい設計とすることができる。

## 5. 復水器

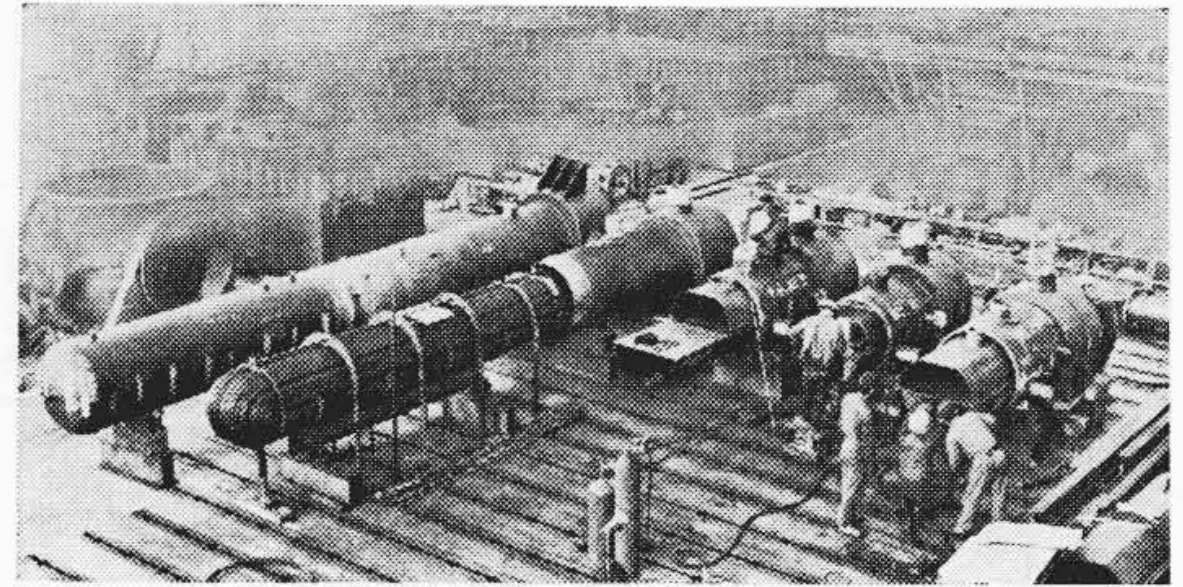
復水器は角形半区分一折対向流形で、第5図に示すようにタービン架台内にタービン軸に対し、平行に配置したいわゆる軸流形である。タービンの排気口には第3軸および第4軸タービンと合計2個あり、このため復水器の全長は21 mにもおよぶ。第6図は工場製作中の復水器胴体、第7図は復水器の組立断面図である。両排気室における排気圧の不均衡をなくし、各低圧タービンを流れる蒸気量を一定にするため、本復水器は一折対向流に設計されている。タービン排気口から復水器管渠上部までの圧力損失は直接タービンプラントの効率に大きく影響を及ぼすので、各排気口に設置される加熱器およびこの加熱器に接続する抽気管、ならびに管渠上部に取り付けられるエネルギーダンパなどの設置位置の選定にあたっては排気胴内の蒸気の流動分布状態を解析し、圧力損失を最も小ならしめるよう特に慎重な考慮が払われている。また復水器の性能を左右する冷却管の配列については蒸気の流れが一様で、かつ圧力損失が少なく、軸流形に最も適した全周放射状だ円形配列とし、復水器の高性能を確保すると同時に、再熱脱気方式によって復水の過冷却を防ぎ残留酸素量を0.03 cc/l以下となるよう設計してある。

貫流ボイラプラント用復水器の特徴は過熱器およびタービンバイパス蒸気の導入装置である。過熱器およびタービンバイパス系統からのバイパス蒸気はフラッシュタンクを経て復水器に導入されるが、この場合タービン排気室の温度を異状に上昇させたり、高速度の噴射蒸気によって冷却管を損傷したりすることのないよう処理する必要がある。これらの装置としてエネルギーダンパが冷却管上部に装備されており、バイパス蒸気の持っているエネルギーを吸収して、減圧、減速された蒸気を復水器に導き、冷却管の損傷を防止し、またエネルギーダンパの上部にスプレーカーテンを張りタービン排気室温度の過上昇を防止している。ボイラ給水の純度は常に高純度を保持する必要があり、復水器内への冷却水の漏れいはその影響大なるため、冷却水の漏れいを早期に発見できるよう復水だめを数個の区画に分割し、それぞれの区画に電気伝導度計を装備して常に復水の純度を監視する方式とした。冷却管材質の選択にあたっては、冷却水の性状とプラントの運転状態を十分考慮して、主体部にはアルミニウムブラスを採用したが、空気冷却部には給水処理剤としてアンモニア、ヒドラジンなどが使用されるのでアンモニアアタックに強い70:30 キュプロニッケル管を採用した。

復水器の性能は冷却管の汚染および魚、貝、藻などの閉そくによって著しく低下するため、冷却管は常に清浄かつ閉そくのない状態に保持する必要がある。このための方法として運転中ゴム製のスポンジボールを冷却管の内部に通し、管内面を清浄すると同時に冷却水を逆流せしめ異物による冷却器の閉そくを防止するよう復水器冷却管連続洗浄装置および逆洗装置が系統内に組み込まれている。

## 6. 高圧給水加熱器

給水加熱器のうち最大の特徴は、高圧給水加熱器の加熱管に鋼管を採用したことである。復水脱塩装置の項で述べたように貫流ボイラプラントにおいては、その給水純度がきびしく制限されるので、この給水条件を満足させるために、給水処理薬品として固形分が全



第8図 工場組立中の高圧給水加熱器

然残留しないアンモニア、ヒドラジンなどの揮発性薬品によって給水処理を行なうことになるが、この場合従来のようなキュプロニッケル、モネルメタルなどの銅系統の合金を使用したのでは、給水中のアンモニアによってCuが溶出するため溶出Cu量を制限値内におさめることがむずかしくなる。この溶出Cuはタービン内部に付着してタービン効率の低下をまねき、ボイラ内部においてはFe溶出の原因となる。またボイラチューブ内で水あかとなってボイラチューブに付着し、熱伝導を阻害し、あわせてボイラチューブ破損の原因となることは幾多の文献で紹介されていることである。

このCuの溶出量はその機器の運転状態すなわち、圧力、温度、溶存酸素量およびアンモニア濃度によって、大きく左右されるので、特に高圧給水加熱器の加熱管材質選定がそのかぎとなる。これらの見地から高圧給水加熱器加熱管材質には鋼管を採用した。しかし反面鋼は銅合金と比較してさびやすいという欠点がある。給水処理が十分行なわれている通常運転時には腐食の問題はないが、起動、停止時における措置いかんによっては腐食の問題が起こる。

このさび止め法として本プラントの場合は、プラント停止時脱気器からシール蒸気を高圧給水加熱器加熱蒸気側に導き、スチームシールを行なう。なお特にその停止が長時間にわたりシール蒸気を利用できない場合は、窒素封入によって加熱気側のさび止めを図る。一方給水側はプラントが運転状態から停止状態に移る際、酸素含有量がきわめて少なくかつPHが調整された給水を給水側に充満し、前後弁を閉止してさび止めを図るという方法を用いている。

## 7. ボイラ給水ポンプ

ボイラ給水ポンプは、50%容量のタービン駆動2台（常用）、モータ駆動1台（予備兼起動用）、計3台を設置している。その概略仕様を第3表に示す。なおブースタポンプは別置式とした。

本方式の採用にあたっては、第4表に示す種々の案について、運転および経済性について検討した結果、250,000 kW容量では、第3案が最もすぐれているという結論によったものである。タービン駆動方式を採用することによる利点として次の点があげられる。

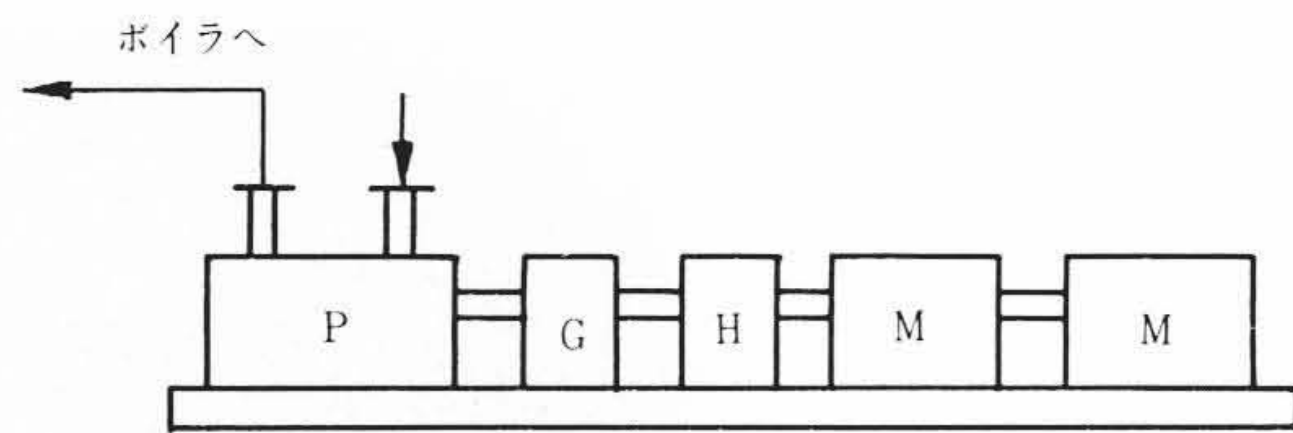
- (1) 送電端出力の増加
- (2) サイクルの適宜な構成による熱効率の向上

第3表 ボイラ給水ポンプ仕様

|                               |                                                                        |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 口 径 (φ)                       | 200×200                                                                |
| 段 数 (段)                       | 6                                                                      |
| 給 水 量 (t/h)                   | 450                                                                    |
| 全 揚 程 (kg/cm <sup>2</sup> )   | 221.4                                                                  |
| 押 込 圧 力 (kg/cm <sup>2</sup> ) | 11.6                                                                   |
| 最高吐出圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )  | 285                                                                    |
| 給 水 温 度 (°C)                  | 158.8                                                                  |
| 回 転 数 (rpm)                   | 6,750                                                                  |
| 原 動 機                         | タービン<br>3,900 kW<br>×6,750 rpm<br>モータ<br>2,650 kW<br>×2台<br>×1,500 rpm |

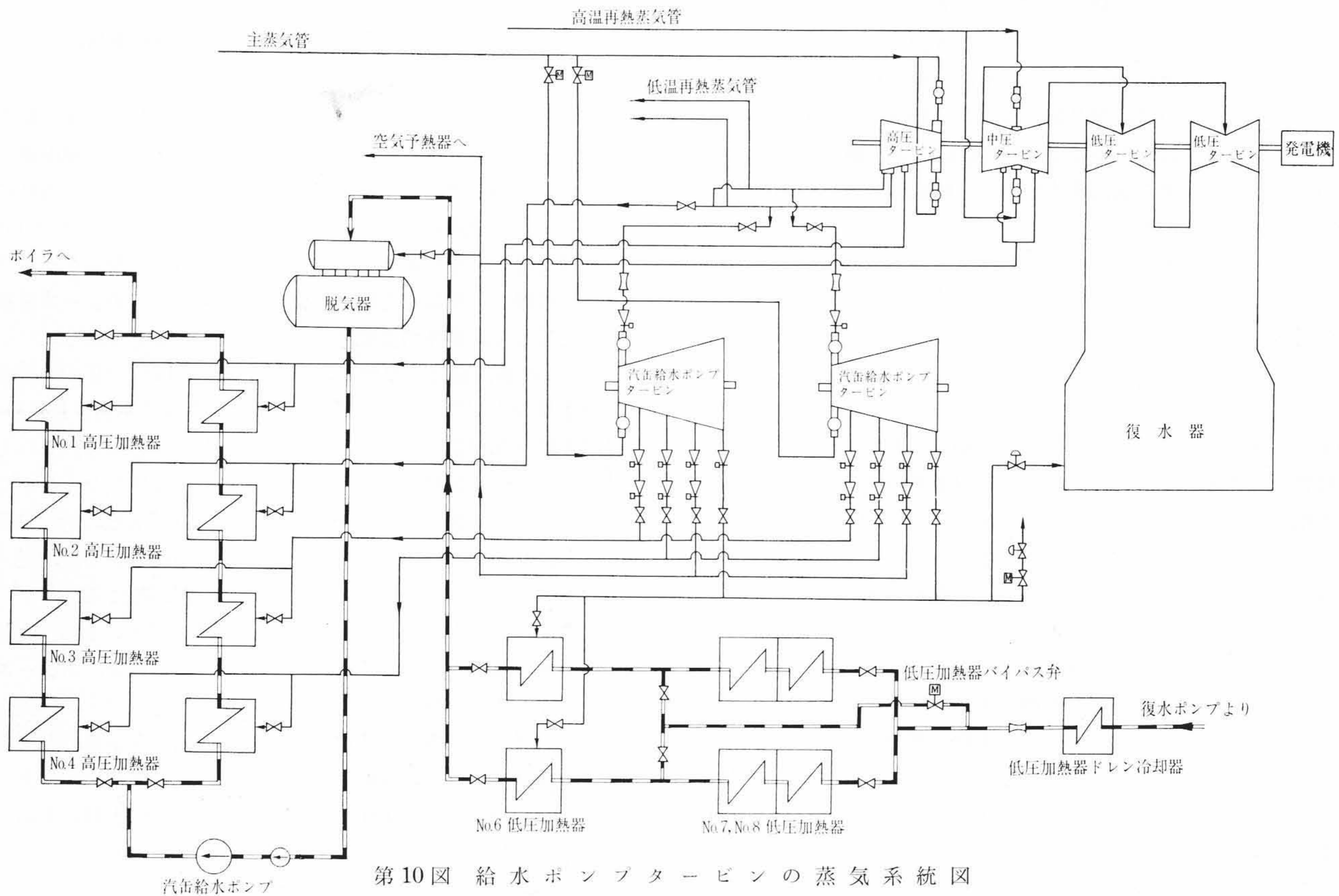
第4表 各駆動方式の組み合わせ

| 項目    | 常用給水ポンプ | 予備給水ポンプ       |
|-------|---------|---------------|
| 1 台 数 | 3       | 1             |
| 容 量   | 1/3     | 1/3           |
| 原動機   | 電動機     | 電動機           |
| 2 台 数 | 2       | 2             |
| 容 量   | 1/2     | 1/4           |
| 原動機   | タービン    | 電動機           |
| 3 台 数 | 2       | 1             |
| 容 量   | 1/2     | 1/2           |
| 原動機   | タービン    | 電動機 (2台カスケード) |
| 4 台 数 | 3       | 1             |
| 容 量   | 1/3     | 1/3           |
| 原動機   | タービン    | 電動機           |



第 9 図 モータ駆動ポンプの配置

M : 電動機  
P : 給水ポンプ  
H : 流体継手  
G : 増速ギヤ



第 10 図 給水ポンプタービンの蒸気系統図

- (3) モータ起動時の過大電流について考慮する必要がなく、かつ容量の大きいモータがなくなるので、所内電源電圧を低くとすることができ、電気系統の設備費を節減できる。
- (4) 変速運転ができるので給水系統中の絞り損失はなく、また低負荷でもポンプ効率是比较的低下しない。

モータ駆動ポンプは流体継手による回転数制御方式とし、またモータをカスケード方式とし、かつ 1 台のモータでもプラントの起動ができるようにした。モータ駆動ポンプの結合を第 9 図に示す。

第 10 図は給水ポンプタービンの蒸気系統を示す。常時は低温再熱蒸気を使用するが、起動時および低負荷時にはバックアップとして主蒸気を使用する。この高低圧蒸気はポンプタービンの負荷により、自動的に切り換えられる。第 1, 第 2 抽気は高圧給水加熱器に、第 3 抽気は主タービンの中圧タービン排気と合流して脱気器に至る。なお、ボイラの蒸気式空気予熱器加熱用の蒸気も、この抽気よりとっている。背気蒸気は低圧給水加熱器に連絡されているが、給水加熱に使用される蒸気とタービン負荷のバランスがくずれる場合を考慮し、背気蒸気を復水器にダンプする自動逃し弁が設けられている。なお、背気蒸気は試運転時なども考慮し、大気放出運転も可能になっている。また本ボイラはガス専焼運転も行なうが、ガス専焼の場合は空気予熱器加熱用蒸気が不要になるので、重油専焼の場合に比べ、比較的高負荷で、給水ポンプタービンの蒸気が余るようになる。この場合、ガス専焼時の効率を向上させるため、第 6 低

圧給水加熱器の復水を一部バイパスし、第 7 低圧給水加熱器で背気蒸気を吸収するように計画されている。

ポンプはパシフィックポンプ社との技術提携になるもので、特にタービン駆動ポンプとして、低速ターニング運転などについても十分考慮された構造になっている。

## 8. 結 言

以上、東北電力株式会社新潟火力発電所 3 号機 250,000 kW の全体計画、プラントの系統、機器について述べたが、清水共同発電株式会社新潟清水発電所 1, 2 号機 75,000 kW プラントの運転実績と東京電力株式会社五井火力発電所 2, 4 号機 265,000 kW プラントの設計製作の経験を生かして、新潟火力の設計製作にのぞんだ次第である。完成の暁には必ずや優秀なプラントとなることを確信する。終わりに、本プラントの完成に当たってご指導、ご激励を賜った東北電力株式会社の各位に深甚なる謝意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 堀内, 松村, 安藤: 日立評論 45, 549 (昭 38-3)
- (2) 堀内, 坂井, 小田: 日立評論 45, 538 (昭 38-3)
- (3) 中崎, 谷岡, 植西: 日立評論 44, 835 (昭 37-6)
- (4) 堀内: 火力発電 14, 1 (昭 38-1)
- (5) 石橋, 齊藤: 火力発電 14, 3 (38-3)